

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-69504

(43)公開日 平成9年(1997)3月11日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/304	3 4 1		H 0 1 L 21/304	3 4 1 D 3 4 1 Z
C 2 3 C 16/44			C 2 3 C 16/44	D
H 0 1 L 21/205			H 0 1 L 21/205	

審査請求 未請求 請求項の数27 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平7-185924

(22)出願日 平成7年(1995)7月21日

(31)優先権主張番号 08/278605

(32)優先日 1994年7月21日

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(71)出願人 595063994

アプライドコマツテクノロジー株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目7番1号

(72)発明者 クーニヤン シャン

アメリカ合衆国, カリフォルニア州
95129, サン ノゼ, ジョンソン ア
ヴェニュー 1507

(72)発明者 カム エス. ロー

アメリカ合衆国, カリフォルニア州
94587, ユニオン シティ, リヴィエ
ラ ドライヴ 461

(74)代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外4名)

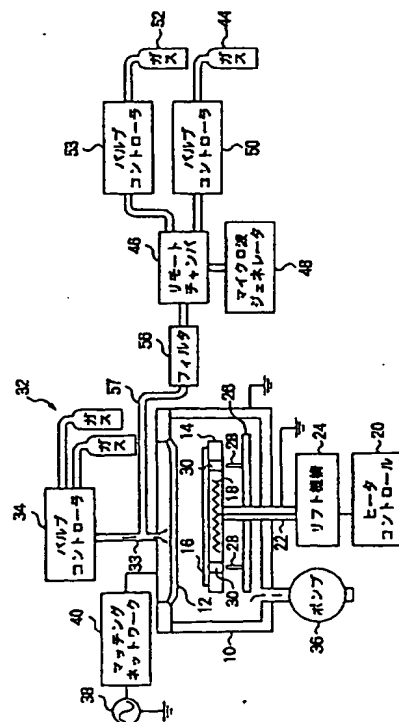
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 遠隔の励起源を用いる堆積チャンバーのクリーニング技術

(57)【要約】 (修正有)

【課題】電子デバイス製作に用いられる堆積チャンバーのクリーニング方法を提供する。

【解決手段】堆積チャンバーの外部にある励起チャンバーに、前駆体ガスを供給する。励起チャンバー内で前駆体ガスを活性化させて反応性の化学種を形成する。励起チャンバーから堆積チャンバーへ反応性の化学種を流す。励起チャンバーから堆積チャンバーへ流れ込んだ反応性の化学種を用いて、堆積チャンバーの内部をクリーニングする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 電子デバイス (electronic devices) の作製において用いられる堆積チャンバーをクリーニングする方法であって、

該堆積チャンバー外部の[図1]チャンバーに前駆体ガスを供給 (delivering) し；[図2]チャンバー内で該前駆体ガスを活性化して反応性化学種 (reactive species) を形成し；[図3]チャンバーから堆積チャンバー内に該反応性化学種を流し；そして、

[図4]チャンバーから堆積チャンバー内に流れ込んだ前記反応性化学種を用いて、堆積チャンバーの内部をクリーニングするステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項2】 前記前駆体ガスを活性化するステップが、[図5]エネルギー源を用いて実行される請求項1記載の方法。

【請求項3】 [図6]チャンバーから堆積チャンバーに流された反応性化学種を更に励起するために、ローカルなエネルギー源を用いるステップを更に含む請求項1記載の方法。

【請求項4】 前記前駆体ガスが、すべてのハロゲンおよびそのガス状化合物からなるガスの群から選ばれる請求項3記載の方法。

【請求項5】 前記前駆体ガスが、塩素、フッ素およびそれらのガス状化合物からなるガスの群から選ばれる請求項4記載の方法。

【請求項6】 前記[図7]エネルギー源が、マイクロ波エネルギー源である請求項2記載の方法。

【請求項7】 前記前駆体ガスが、すべてのハロゲンおよびそのガス状化合物からなるガスの群から選ばれる請求項6記載の方法。

【請求項8】 前記前駆体ガスが、塩素、フッ素およびそれらのガス状化合物からなるガスの群から選ばれる請求項7記載の方法。

【請求項9】 前記ローカルなエネルギー源が、堆積チャンバー内でプラズマを発生させるためのRFエネルギー源である請求項2記載の方法。

【請求項10】 前記堆積チャンバーに入る前に、反応性化学種をフィルターにかけて不必要な (unwanted) 材料を除去するステップを更に含む請求項2記載の方法。

【請求項11】 前記[図8]活性化チャンバー内にキャリアガスを流すステップを更に含む請求項2記載の方法。

【請求項12】 前記キャリアガスが、窒素、アルゴン、ヘリウム、水素、および酸素からなるガスの群から選ばれる請求項11記載の方法。

【請求項13】 プロセス・チャンバー内で電子デバイスを作製するためのプロセスを実行する方法であって、該プロセス・チャンバー外部の[図9]チャンバーに前駆体ガスを供給し；[図10]チャンバー内で該前駆体ガスを活性化して反応性化学種 (reactive species) を形成し；[図11]

[図12]チャンバーからプロセス・チャンバー内に該反応性化学種を流し；ローカルな活性化源を用いて、[図13]チャンバーからプロセス・チャンバー内に流れ込んだ前記反応性化学種を更に励起し；そして、

前記ローカルな活性化源により更に励起された反応性化学種を、プロセス・チャンバー内での作製プロセスの実行に用いるステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項14】 前記前駆体ガスを活性化するステップが、[図14]エネルギー源を用いて実行される請求項13記載の方法。

【請求項15】 前記前駆体ガスが、ハロゲンガスおよびその化合物からなるガスの群から選ばれる請求項13記載の方法。

【請求項16】 前記前駆体ガスが、塩素、フッ素およびそれらの化合物からなるガスの群から選ばれる請求項15記載の方法。

【請求項17】 前記[図15]エネルギー源が、マイクロ波エネルギー源である請求項14記載の方法。

【請求項18】 前記前駆体ガスが、ハロゲンガスおよびその化合物からなるガスの群から選ばれる請求項17記載の方法。

【請求項19】 前記前駆体ガスが、塩素、フッ素およびそれらの化合物からなるガスの群から選ばれる請求項18記載の方法。

【請求項20】 前記ローカルなエネルギー源が、プロセス・チャンバー内でプラズマを発生させるためのRFエネルギー源である請求項13記載の方法。

【請求項21】 前記堆積チャンバーに入る前に、反応性化学種をフィルターにかけて不必要な (unwanted) 材料を除去するステップを更に含む請求項13記載の方法。

【請求項22】 前記[図16]活性化チャンバー内にキャリアガスを流すステップを更に含む請求項13記載の方法。

【請求項23】 前記キャリアガスが、窒素、アルゴン、ヘリウム、水素、および酸素からなるガスの群から選ばれる請求項22記載の方法。

【請求項24】 クリーニングのための前駆体ガスの源に接続され得る堆積装置であって、堆積チャンバーと；前記堆積チャンバーにエネルギーを供給するに適合した (adapted to) 第1の活性化源と；前記堆積チャンバー外部の[図17]チャンバーと；前記第1の活性化源とは分離され、且つ前記[図18]チャンバーにエネルギーを供給するに適合した第2の活性化源と；[図19]ガス源 (remote gas supply) から前記[図20]チャンバー内へ前駆体ガスを流し、そこでそれが前記第2の活性化源によって活性化されて反応性化学種を形成するための第1の導管と；[図21]チャンバーから前記堆積チャンバー内へ反応性化学種を流すための第2の導管とからなることを特徴とする装置。

【請求項25】 図10チャンパー内への前記前駆体ガスの流れを制御するバルブ・流れ制御機構 (valve and flow control mechanism) を更に含む請求項24記載の装置。

【請求項26】 前記前駆体ガスとは異なるキャリアーガスの、図10チャンパー内への流れを制御するバルブ・流れ制御機構を更に含む請求項25記載の装置。

【請求項27】 前記第2の導管内に、図10チャンパーからの反応性化学種の流れから不必要な材料を除去するためのフィルターを更に含む請求項25記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、電子デバイスの加工に用いられる堆積チャンパーのクリーニング技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体およびフラットパネル・ディスプレイ産業においては、プラズマ支援型 (plasma-assisted) の化学反応が広く使われてきた。1つの例はプラズマ増強型 (plasma-enhanced) の化学気相成長 (PECVD) であり、これはアクティブマトリックス (active-matrix) 液晶ディスプレイ (AMLCDs) 用の薄膜トランジスタ (TFT) の製造において使われるプロセスである。PECVDに従って、基板は、1対の平行プレート電極が装着された真空堆積チャンパー中に置かれる。該電極の一方、例えば、より下位の電極 (lower electrode; 一般にサセプターと称される) が、該基板を保持する (hold)。他方の電極、すなわち上位の電極 (upper electrode) は、ガス入口マニホールドまたはシャワー・ヘッドとして機能する。堆積の間、反応ガス (reactant gas) が、該上位電極を通してチャンパー内に流れ込み、高周波 (radio frequency; RF) が該電極間に印加されて、反応ガス中にプラズマを生成させる。該プラズマは反応ガスを分解させて、基板の表面の上へ材料の層を堆積させる。

【0003】 このようなシステムは、該材料を基板の表面の上へ優先的に堆積させるように設計されているが、該システムはチャンパーの範囲内で他の内部表面の上にも、いくつかの材料を堆積させる。したがって、繰り返し使用の後には、これらのシステムは、該チャンパー内で増加した (built up) 材料の堆積層を除去するために、クリーニングする (clean) 必要がある。チャンパーおよび該チャンパー内の露出された構成要素 (components) をクリーニングするために、インシチュウ (in-situ) 乾式 (dry) クリーニング・プロセスが一般に用いられる。このインシチュウ技術によれば、前駆体 (precursor) ガスが、該チャンパーに供給される。次いで、該チャンパー内でグロー放電プラズマを局部的に (locally) 前駆体ガスに印加することによって、反応性の化学種 (reactive species) が生成される。該反応

性の化学種は、それら表面上のプロセス堆積物と揮発性の化合物 (volatile compounds) を形成することによって、チャンパー表面をクリーニングする。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 このインシチュウ・クリーニング技術には、いくつかの不利な点もある。第1に、反応性の化学種を生成するためにチャンパー内でプラズマを使うことは、能率が悪い (inefficient) ことである。したがって、許容可能なクリーニング速度を達成するために、比較的高い電力を使うことが必要となる。しかしながら、この高いパワーレベルは、チャンパー内部のハードウェアに対してダメージを生じさせ、これにより有意に (significantly) 耐用年数を短くする傾向がある。ダメージを受けたハードウェアの置き換えは非常にコストがかかるため、これは、堆積システムを使用して処理される製品の基板当たりのコスト (per substrate cost) を有意に上昇させる。基板当たりのコストがコスト意識の高い購買者にとって重大な (critical) な、現在の非常に競争的な半導体製作産業においては、クリーニング・プロセス中にダメージを受けた部分を定期的に置き換えなければならないことから生ずる増大した操業コストは、極めて好ましくない。

【0005】 従来のインシチュウ乾式クリーニング・プロセスにまつわる他の問題は、許容可能なクリーニング速度を達成するために要求される高いパワーレベルは、他のシステム構成要素に損害を与える可能性があるか、あるいは物理的に該チャンパーの内部表面を拭き取る (wiping off) ことによる以外には除去できない残留物 (residue)、ないし副生成物 (byproducts) を生成する傾向をも有することである。例えば、 NF_3 をクリーニングに用いる Si_3N_4 堆積システムにおいては、 $\text{N}_x\text{B}_y\text{F}_z$ 化合物が生成される傾向がある。これらのアンモニウム化合物は真空ポンプ内に堆積し、そこでそれらは該ポンプの信頼性にネガティブな影響を及ぼす可能性がある。他の例としては、チャンパーまたはプロセス・キット構成要素 (例えば、ヒータ、シャワーヘッド、クランプ環、等) がアルミニウムから作られている堆積システムの中は、 NF_3 プラズマが、しばしばその内部表面をクリーニングするために使われる。該クリーニング・プロセス中で、ある量の Al_xF_y が形成される。この形成される量は、高いプラズマ・エネルギーレベルから生じるイオン衝撃 (ion bombardment) によって、著しく増大される。したがって、 Al_xF_y のかなりの量が、該システムの中で形成される可能性がある。不利なことに、どのような既知の化学プロセスによっても、この材料はエッチングにより除去することができず、したがってそれは物理的に表面を拭くことにより除去されなければならない。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明によれば、

(remote) 励起源は、プロセス・チャンパー外部で、反応性の化学種を生成するために用いられ、次いでこれはプロセス・チャンパー内に供給されて特定のプロセス、例えば該チャンパーの乾式クリーニング、の実行を支援する。乾式クリーニング・プロセスの場合、**図1**励起源は、フィード・ガス（例えば、塩素か弗素の化合物）を分解（break down）し、長寿命のハロゲン化学種を形成する。そして、第2のローカルな励起源は、チャンパー内で長寿命の化学種（long lived species）を維持するか、および／又は該ガスを更に分解して反応性の化学種を形成するために、必要に応じて用いられてもよい。**図2**励起源は反応性の化学種を生成するために依存される（relied upon）ため、ローカルな励起源は、従来のシステムの中で必要とされたものにくらべ、遥かに低いパワーレベルで動作されてもよい。このようにして、チャンパー外部の励起源を移動させることによって、許容可能なクリーニング速度を達成するための高いプラズマ・パワーレベルは、該チャンパーの内側では、もはや必要とされない。むしろ、該チャンパー内での如何なるローカルな励起源（例えばプラズマ）の使用さえ、必須でなくなる場合があり得る。

【0007】1つの側面（aspect）において、本発明は一般に、電子デバイスを作製する際に用いられる堆積チャンパーをクリーニングする方法である。該方法は、次のステップを含む：堆積チャンパーと離れている**図3**チャンパー内に前駆体ガスを供給（deliver）する；該**図3**チャンパー内で前駆体ガスを活性化して反応性化学種を形成する；**図4**チャンパーから堆積チャンパー内に該反応性の化学種を流し込む；そして、**図5**チャンパーから堆積チャンパー内に流し込まれた反応性の化学種を用いて、堆積チャンパー内部をクリーニングする。

【0008】他の側面において本発明は、一般に、プロセス・チャンパー内で電子デバイスを作製するためのプロセスを実行する方法である。該方法は、次のステップを含む：プロセスチャンパーと離れている**図6**チャンパー内に前駆体ガスを供給する；該**図6**チャンパー内で前駆体ガスを活性化して反応性化学種を形成する；**図7**チャンパーから堆積チャンパー内に該反応性の化学種を流し込む；**図8**励起源を用いて、**図9**チャンパーからプロセスチャンパー内に流し込まれた反応性の化学種を更に活性化させる；そして、**図10**励起源により更に活性化された反応性の化学種を、プロセス・チャンパー内での製作プロセス実行に用いる。

【0009】更に他の側面において、本発明は一般に、クリーニングのための前駆体ガスの源に接続可能な堆積装置である。該装置は、堆積チャンパーと；該堆積チャンパーにエネルギーを供給するために適合された第1の活性化源と；堆積チャンパーと離れている**図11**チャンパーと；前記第1の活性化源と分離し、且つ**図12**チャンパーにエネルギーを供給するために適合された第2の活性

化源と；**図13**ガス源（remote gas supply）から**図14**チャンパーへ前駆体ガスを流し、そこで該ガスが第2の活性化源によって活性化されて反応性の化学種を形成するための第1の導管（conduit）と；**図15**チャンパーから堆積チャンパー内に反応性の化学種を流すための第2の導管とを含む。

【0010】技術的には、**図16**プラズマは、反応性の化学種を生成するために用いられる。反応性の化学種がチャンパーへ流れる間に失活ないし消滅する（quenching）という問題の解決を助けるために、プロセス・チャンパー内に温和な（mild）プラズマを印加して該クリーニングを支援してもよい。組み合わされたプラズマ源の使用は、ローカルなまたは**図17**プラズマの単独での使用に伴って得られるであろうものに比べ、より良好なクリーニング速度を達成する。加えて、本発明は、堆積チャンパー内での低エネルギー・プラズマの使用を（ないしは、プラズマ無しをも）許容するため、クリーニング・プロセスの結果としてのチャンパー内部の構成要素へのダメージを遥かに小さくし、しかも、前述した不利益を有する Al_xF_y 等の粒状物（particulates）ないしは好ましくない副生成物の形成を遥かに少なくする。加えて、**図18**およびローカルな励起源を共に使用する態様においては、各源は、最適な結果を達成するために独立に調節可能である。更に、システムにおいてローカルなプラズマが利用可能でない場合には、他の活性化技術（熱励起、等）が適用されてもよい。

【0011】本発明の更なる長所は、反応性の化学種を活性化させた際に形成される望ましくない副生成物が、堆積チャンパーに入る前に、容易にろ過により除去（filtered out）可能なことである。加えて、活性化化学種を維持するためのローカルな源の使用が、**図19**活性化チャンパーの配置（placement）について存在することがある制約を低減させる。すなわち、**図20**活性化チャンパーは、堆積チャンパーから更なる距離にあっても、**図21**チャンパーから堆積チャンパーへ移動する際の活性化化学種の失活について懸念をより小さくしつつ、都合がよいように（conveniently）置かれることができる。このことは、このような特性により、既存のシステムを改造（retrofit）することが、比較的容易であることを意味する。

【0012】**図22**およびローカルな励起源の組合せを使用することは、それが同様の利点をもって、多種多用の応用ないしシステムに適用可能であるという更なる利点を有する。例えば、それは、PVDないしCVDシステム、プラズマエッチングシステム、基板クリーニング、イオン・ドーピングないしフォトリソの剥がし（stripping）のためのシステムにおいても使用可能である。

【0013】

【発明の実施の形態】記述された態様においては、アブ

ライド・コマツ・テクノロジー社により製造されたAKT-1600型PECVDシステムを、本明細書中で記述したように改造して用いた。AKT-1600PECVDは、アクティブマトリックス液晶式ディスプレイ（AMLCDs）の生産用に設計されている。それは、多重（multiple）プロセス・チャンバーを有するモジュラーシステムであって、アモルファスシリコン、窒化珪素、酸化珪素、および酸窒化物（oxynitride）膜を堆積するために使用可能である。しかしながら、本発明は商業的に入手し得る（commercially available）どのような堆積システムで使われてもよい。

【0014】図1を参照して、発明に従って改造されたPECVDシステムは、その内部が、堆積ガス（deposition gases）を導入するためのガス入口マニホールド（あるいは、シャワーヘッド）12である堆積チャンバー10と、その上に材料を堆積するための基板16を保持するためのサセプター14とを含む。ガス入口マニホールド12およびサセプター入口14は、両者とも平行のプレートの形状であり、それぞれ上位および下位電極としても機能する。下位電極およびチャンバー本体は、接地（ground）に接続されている。RF発生器38は、整合（matching）ネットワーク40を通して、RF電力を上位電極に供給する。RF発生器38は、該上位および下位電極の間にプラズマを生成させるために用いられる。

【0015】サセプター14は、堆積の間、該基板を加熱するための抵抗ヒータ18を含む。外部ヒータ制御モジュール20は、該ヒータにパワーを供給して、該システム内において実行されるプロセスが必要とする（dictated by）ような適切な温度レベルに、サセプターを到達させ（achieved）且つ維持する。

【0016】上記サセプターは、該チャンバーの底を通して垂直に延びる移動可能なシャフト22の頂部（top）に取り付けられている。モーター式リフト機構24は、上記シャフトを垂直方向に動かして、堆積操作のため入口マニホールドの近くの位置までサセプターを上げ、且つ、該堆積操作の終了後には該サセプターを下げる。上位および下位電極の間の分離は、反応動力学（reaction kinetics）および実行されるべき特定の堆積プロセスのための膜特性を最大化するために、調整可能である。該サセプターの下には（below）、一組の垂直ピン28を有するリフトオフ・プレート26がある。ピン28は、サセプター14内の対応する穴30と整合（aligned with）している。処理操作の後サセプターが下げられるとき、該ピンは、該穴を通過して、基板の背面と接触し、そして該基板をサセプターから持ち上げて（lift off）、機械的移送メカニズム（図示せず）によって、より容易にチャンバーから取り除く。

【0017】チャンバー10の外側には、堆積の間に使用されるガスを含むガス源32がある。材料に依存して

使用される特定のガスは、基板上へ堆積される。プロセス・ガスは、入口ポートを通してガス・マニホールドに、そして、次いでシャワーヘッドを通してチャンバー内へと流れる。電氣的に作動されるバルブ・流れ制御機構34は、ガス源からチャンバー内へのガスの流れを制御する。チャンバーを排気するために使用される真空ポンプ36も、出口ポートを通して該チャンバーに接続されている。

【0018】本発明によれば、第2のガス供給システムも、入口ポート33を通して該チャンバーに接続されている。第2のガス供給システムは、堆積操作のシーケンスの後に該チャンバーの内部をクリーニングするために用いられるガスを供給する。クリーニングによって、堆積された材料が、チャンバーの内部の表面から除去される。

【0019】第2ガス供給システムは、前駆体ガス44の源と；堆積チャンバーからある間隔をおいて該チャンバーの外側に配置された図2の活性化チャンバー46と；図2の活性化チャンバー内で前駆体ガスを活性化するための電源48と；電氣的に作動するバルブ・流れ制御機構50と；前記図2のチャンバーを堆積チャンバーに接続するステンレス・スチール導管ないしパイプ57とを含む。バルブ・流れ制御機構50は、前駆体ガス源44から図2の活性化チャンバー46内へ、使用者が選択する流量でガスを供給する。電源48は、前駆体ガスを活性化して反応性の化学種を形成し、これは次いで、導管57を通して堆積チャンバーに入口ポート33経由で流される。換言すれば、上位電極ないしシャワーヘッド12は、堆積チャンバー内に反応性のガスを供給するために用いられる。上記態様において、図2のチャンバーは石英チューブであり、電源は該石英チューブでのその出力で、2.54GHzのマイクロ波発振器である。

【0020】必要に応じて、他のバルブ・流れ制御機構53を通して、図2の活性化チャンバーに接続されているマイナーなキャリアーガス52の源があってもよい。このマイナーなキャリアーガス52は、活性化化学種の堆積チャンバーへの移送（transport）を支援する。それは、それが使われている特定のクリーニング・プロセスと両立できる（compatible）非反応性のガスであることができる。例えば、該マイナーなキャリアーガスは、アルゴン、窒素、ヘリウム、水素または酸素、その他であってもよい。活性化された化学種の堆積チャンバーへの移送を支援することに加えて、また、該キャリアーガスは、クリーニング・プロセスを支援してもよく、また、堆積チャンバー内のプラズマを開始させ、および／又は安定させるのを支援してもよい。

【0021】上記態様において、堆積チャンバーに入る前に、活性化された化学種が通過する導管ないしパイプ中に、フィルター56がある。該フィルターは、反応性の化学種の活性化の間に形成される可能性のある粒状物

質 (particulate matter) を除去する。上記態様において、該フィルターは、約0.01~0.03ミクロンのポアサイズ (pore size) を有するセラミック材料から形成されている。もちろん、他の材料、例えばテフロン、を用いることも可能である。

【0022】また、該フィルターは、反応の副生成物としてチャンバー内で生成された可能性がある望ましくない材料を除去するために、用いられることも可能であることに留意すべきである。例えば、反応性のガスが CF_4 、 SF_6 ないし他の、炭素カイオウのいずれかを含むハロゲン化合物である場合、活性化された炭素または硫黄の化学種は、活性化プロセスの副生成物として存在するだろう。しかしながら、堆積チャンバー内においては、一般に、炭素または硫黄は存在しないことが望ましい。この理由は、活性化が全体的に (entirely) 堆積チャンバー内で起こるような従来の乾式クリーニング・プロセスにおいては、これらの化合物は一般的に使われないからである。しかしながら、本明細書で記述されるように、該活性化が部分的に実行されるときは、適当なフィルター材料を使用することによって、これらの材料を容易に除去することができる。このようなフィルター材料は、商業的な市場において容易に入手可能であり、且つ当該技術分野における当業者にとって周知である。

【0023】記述された態様において、前駆体は NF_3 である。活性化された化学種の流量は、約2リッター/分で、チャンバー圧力は0.5 Torrである。前駆体ガスを活性化するために、マイクロ波源は、活性化チャンバーに約500~1500ワットを供給する。堆積チャンバー内で、RF源はプラズマへ約100~200ワットを供給する。AKT-1600PECVDシステムにとって、これは上位および下位電極の間の電圧で約15~20ボルトを意味する。もちろん、精密な電圧および電流は、圧力に依存する。すなわち、電流は、与えられた一定の電圧において、圧力に比例する。いずれにしても、チャンバー内で温和な (gentle) プラズマを誘導することのみが必要とされ、これは、源からチャンバー内へ流される活性化された化学種を維持するために充分な程度に強ければよい。

【0024】フィード・ガスとして NF_3 を使用することによって、シリコン (Si)、ドーパされたシリコン、窒化珪素 (Si_3N_4)、および酸化珪素 (SiO_2) が堆積されたチャンバーをクリーニングすることができた。堆積されたままの (as-deposited) 膜に対するクリーニング速度は、窒化珪素について2ミクロン/分、および、シリコン、ドーパされたシリコン、および酸化珪素について1ミクロン/分に達した。これらのクリーニング速度は、約2キロワットのパワーレベルで13.56MHz RFでローカルなプラズマのみを用いる従来のクリーニング・プロセスより2~4倍速い速度である。

【0025】上記態様においては前駆体ガスを活性化するためにマイクロ波発振器 (microwave generator) が使われたが、前駆体ガスを活性化することができるパワースourceであれば、どのようなものでも使用可能である。例えば、ローカルなプラズマは、共に、直流 (DC)、高周波 (RF)、マイクロ波 (MW) ベースの放電技術を用いることができる。加えて、RF電源が用いられるならば、それは容量的に (capacitively) あるいは誘導的に (inductively) チャンバーの内部に結合される (coupled) ことができる。また、活性化は、ほんの2、3を例示するならば (to name just a few)、熱的ベースのガス破壊 (gas break-down) 技術；高強度の光源；または、X線源によっても、行うことができる。

【0026】一般に、反応性のガスは、通常用いられるハロゲンおよびハロゲン化合物を含む、広範囲のオプションから選択することができる。例えば、該反応性のガスは、塩素、弗素、それらの化合物、例えば、 NF_3 、 CF_4 、 SF_6 、 C_2F_6 、 CCl_4 、 C_2Cl_6 、であつてもよい。もちろん、用いられる特定のガスは、除去されるべき堆積された材料に依存する。例えば、タングステン堆積システムにおいては、堆積されたタングステンをエッチングするか、および/又は除去・クリーニングするために、典型的には、弗素化合物ガスが用いられる。

【0027】ローカルなプラズマとの組合せで (in conjunction with) ローカルなプラズマを使用するため、活性化チャンバーは、チャンバーと更に遠く離れて配置することが可能となる。したがって、2つの源をローカルな源に接続するためには、管材料 (tubing) が必要とされるのみである。活性化された化学種のいくつかの失活 (すなわち、活性化された化学種の不活性化 (deactivation)) は、該移送の間に起こるかもしれない。しかしながら、ローカルな源が、起こる可能性のあるこのような失活のいずれをも補償する (compensates)。実際は、いくつかの長寿命の活性化された化学種 (例えば F^*) は、失活した際には、典型的にはその基底状態へ戻らず、むしろ中間的な状態 (intermediate state) に遷移する (transition)。したがって、失活した化学種を再活性化するために必要とされるエネルギー量は、活性化チャンバー内で該ガスを活性化するために必要とされるそれに比べて、遥かに小さい。したがって、ローカルな活性化源 (例えば、プラズマ) は、高いエネルギー源である必要はない。

【0028】また、堆積チャンバーからある距離において源を配置することによって、活性化プロセス中で生成される短寿命のラジカルが、長寿命のラジカルと比べて、この両者が堆積チャンバーに移送される際に、より完全に失活されるであろうことにも、注意すべきである。したがって、堆積チャンバーに流れ込む反応性のガ

スは、移送を生き抜いた (survived)、主に長寿命のラジカルを含むこととなる。例えば、もし NF_3 が反応性のガスであるならば、2つのラジカル、すなわち N^* および F^* 、が活性化チャンバー内で生成される。該窒素ラジカルは短寿命であり、弗素ラジカルは、長寿命である。窒素ラジカルは、典型的には、チャンバーから堆積チャンバーに至る長い移送を生き抜くことはできないだろう。一方、弗素ラジカルは、その大きい割合が生き抜くだろう。これは、システム内で起こる自然のフィルタリングの形であり、これは非常に望ましい。例えば、窒素ラジカルの場合、それらの存在が $\text{N}_x \text{H}_y \text{F}_z$ 化合物の形成をもたらす可能性があるため、それらは堆積チャンバー内に存在しないことが、時には好ましい。該化合物の形成は、前述したようにポンプを害する可能性がある。しかしながら、従来のクリーニング技術におけるように、活性化が堆積チャンバー内で実行される場合には、生成される窒素ラジカルを除去する簡単な方法はない。

【0029】乾式クリーニング・プロセスにおいては、性能 (performance) に重要な影響を与えることなく、チャンバー圧力は、かなり幅広い範囲内のどこに位置してもよいように、選択することが可能である。この好ましい圧力範囲は、この範囲外の圧力を用いることも可能であるが、約0.1〜約2 Torrである。加えて、上記態様について選ばれた周波数は単なる実例に過ぎず、本発明で使用可能な周波数は、上記態様において用いら

れたそれらに制限されない。例えば、RF電源に関しては、広い周波数範囲 (例えば、400 KHz〜13.56 MHz) のどれもが典型的にプラズマを生成するために使用され、そしてそれらの周波数も本発明において使用できる。しかしながら、一般的には、選ばれたパワーレベル、流量、および圧力は、システムに特有 (system specific) であり、したがって、該プロセスが実行されるべき特定のシステムについて最適化される必要があるだろう。特定のシステムについて性能の最適化を達成するために、当該技術における当業者の能力の範囲内で、プロセス条件において適切な調整を行うことが好ましい。

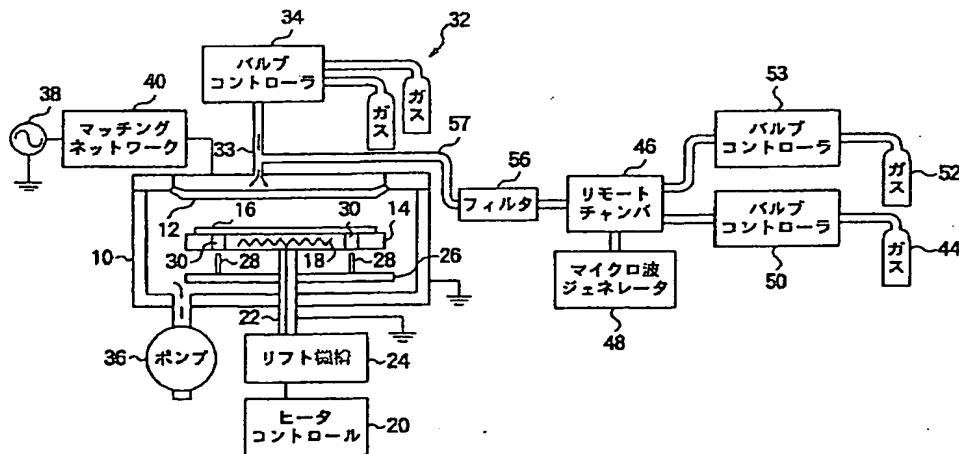
【0030】上記態様はPECVDシステムを包含しているが、本発明は、より広い適用可能性を有している。例えば、ローカルな活性化源 (すなわち、メインの真空チャンバーの内側の) との組合せで使用される可能性のある、活性化源の概念 (すなわち、メインの真空チャンバーの外側の) は、PVD、CVD、イオン・ドーピング、フォトリソスト剥離 (stripping)、基板クリーニング、ないしプラズマエッチングのいずれの目的で設計されたシステムにおいても使用可能である。

【0031】他の態様も、本願のクレームの範囲内となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を具体化するPECVDシステムのブロック図である。

【図1】



フロントページの続き

(72)発明者 ダン メイダン

アメリカ合衆国、カリフォルニア州
94022, ロス アルトス ヒルズ, マ
リッタ レーン 12000